

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-141535

(P2003-141535A)

(43)公開日 平成15年5月16日 (2003.5.16)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 6 T 7/00
1/00 2 9 0
7/60 1 5 0

識別記号

F I

G 0 6 T 7/00
1/00 2 9 0 A
7/60 1 5 0 B

テマコト⁸(参考)

Q 5 B 0 5 7
2 9 0 A 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願2001-337418(P2001-337418)

(22)出願日

平成13年11月2日 (2001.11.2)

(71)出願人 000003201

富士写真フィルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 山田 雅彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富
士写真フィルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

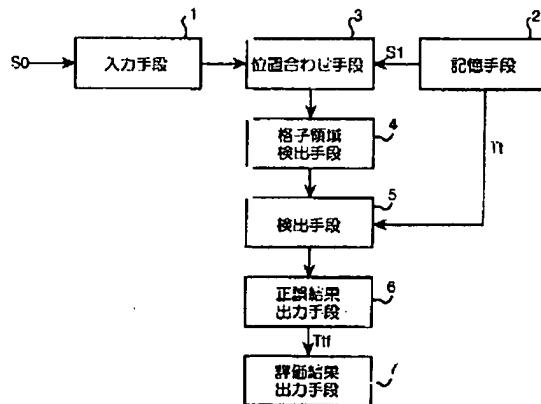
Fターム(参考) 5B057 AA08 BA03 CA12 CA16 DA01
DA07 DB02 DC36
5L096 FA34 FA69 GA19 MA01

(54)【発明の名称】 画像評価方法および装置並びにプログラム

(57)【要約】

【課題】 画像データを生成する放射線画像撮影装置や
画像処理を行う画像処理装置において得られる画像の評
価を、CDRADファントム等を用いて効率よく行う。

【解決手段】 CDRADファントムの放射線画像を撮
影して評価対象画像データS0を得、これを用いて画像
の評価を行う。CDRADファントムと同様のパターン
の画像を表す参照画像データS1と評価対象画像データ
S0との位置合わせを行い、位置合わせ後、評価対象画
像および参照画像から格子線により囲まれる格子領域を
検出する。そして、評価対象画像の全ての格子領域に存
在する信号領域の位置を検出し、正解テーブルと検出結
果を照合して格子領域毎の正誤結果を得、この正誤結果
に基づいて評価対象画像の評価を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、前記信号領域のサイズおよびコントラストが該各評価領域毎に段階的に異なるパターンについての評価対象画像を表す評価対象画像データの入力を受け付け、前記パターンについての参照画像を表す参照画像データおよび前記評価対象画像データに基づいて、前記評価対象画像における全ての前記評価領域に存在する前記信号領域の位置を検出し、該検出結果に基づいて、前記評価対象画像の評価を行うことを特徴とする画像評価方法。

【請求項2】 前記参照画像および前記評価対象画像の位置合わせを行った後に、前記信号領域の位置を検出することを特徴とする請求項1記載の画像評価方法。

【請求項3】 前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域を分割して、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域において相対応する複数の分割領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域内の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出することを特徴とする請求項1または2記載の画像評価方法。

【請求項4】 前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズを変更することを特徴とする請求項3記載の画像評価方法。

【請求項5】 前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域毎の複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出することを特徴とする請求項3または4記載の画像評価方法。

【請求項6】 前記評価対象領域画像の前記評価領域を1つの領域に1つの前記信号領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得、前記参照画像の前記評価領域から、該評価領域に対応する前記評価対象画像の前記評価領域における前記分割領域に対応するサイズを有し、1つの前記信号領域を含む検定領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出することを特徴とする請求項1または2記載の画像評価方法。

【請求項7】 前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズおよび前記検定領域のサイズを変更することを特徴とする請求項6記載の画像評価方法。

【請求項8】 前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域との複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出することを特徴とする請求項6または7記載の画像評価方法。

位置を前記信号領域の位置として検出することを特徴とする請求項6または7記載の画像評価方法。

【請求項9】 少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、前記信号領域のサイズおよびコントラストが該各評価領域毎に段階的に異なるパターンについての評価対象画像を表す評価対象画像データの入力を受け付ける入力手段と、

前記パターンについての参照画像を表す参照画像データおよび前記評価対象画像データに基づいて、前記評価対象画像における全ての前記評価領域に存在する前記信号領域の位置を検出する検出手段と、

該検出結果に基づいて、前記評価対象画像の評価を行う評価手段とを備えたことを特徴とする画像評価装置。

【請求項10】 前記参照画像および前記評価対象画像の位置合わせを行う位置合わせ手段をさらに備え、前記検出手段は、該位置合わせ手段による位置合わせを行った後に、前記信号領域の位置を検出する手段であることを特徴とする請求項9記載の画像評価装置。

【請求項11】 前記検出手段は、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域を分割して、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域において相対応する複数の分割領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域内の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手段であることを特徴とする請求項9または10記載の画像評価装置。

【請求項12】 前記検出手段は、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズを変更する手段であることを特徴とする請求項11記載の画像評価装置。

【請求項13】 前記検出手段は、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域毎の複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手段であることを特徴とする請求項11または12記載の画像評価装置。

【請求項14】 前記検出手段は、前記評価対象領域画像の前記評価領域を1つの領域に1つの前記信号領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得、前記参照画像の前記評価領域から、該評価領域に対応する前記評価対象画像の前記評価領域における前記分割領域に対応するサイズを有し、1つの前記信号領域を含む検定領域を得、

前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手段であることを特徴とする請求項9または10記載の画像評価装置。

前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手段であることを特徴とする請求項9または10記載の画像評価装置。

【請求項15】 前記検出手段は、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズおよび前記検定領域のサイズを変更する手段であることを特徴とする請求項14記載の画像評価装置。

【請求項16】 前記検出手段は、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域との複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手段であることを特徴とする請求項14または15記載の画像評価装置。

【請求項17】 少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、前記信号領域のサイズおよびコントラストが該各評価領域毎に段階的に異なるパターンについての評価対象画像を表す評価対象画像データの入力を受け付ける手順と、前記パターンについての参照画像を表す参照画像データおよび前記評価対象画像データに基づいて、前記評価対象画像における全ての前記評価領域に存在する前記信号領域の位置を検出する手順と、該検出結果に基づいて、前記評価対象画像の評価を行う手順とを有する画像評価方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項18】 前記参照画像および前記評価対象画像の位置合わせを行う手順をさらに有し、前記検出する手順は、該位置合わせを行った後に、前記信号領域の位置を検出する手順である請求項17記載のプログラム。

【請求項19】 前記検出する手順は、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域を分割して、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域において相対応する複数の分割領域を得る手順と、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域内の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手順とを有する請求項17または18記載のプログラム。

【請求項20】 前記分割領域を得る手順は、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズを変更する手順である請求項19記載のプログラム。

【請求項21】 前記検出する手順は、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域毎の複数の相関値を算出する手順と、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手順とを有する請求項19または20記載のプログラム。

【請求項22】 前記検出する手順は、前記評価対象領域画像の前記評価領域を1つの領域に1つの前記信号

領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得る手順と、前記参照画像の前記評価領域から、該評価領域に対応する前記評価対象画像の前記評価領域における前記分割領域に対応するサイズを有し、1つの前記信号領域を含む検定領域を得る手順と、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手順とを有する請求項17または18記載のプログラム。

【請求項23】 前記分割領域を得る手順は、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズおよび前記検定領域のサイズを変更する手順である請求項22記載のプログラム。

【請求項24】 前記検出する手順は、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域との複数の相関値を算出する手順と、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手順とを有する請求項22または23記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像撮影装置や画像処理装置等において得られる画像を評価する画像評価方法および装置並びに画像評価方法をコンピュータに実行させるためのプログラムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】周波数強調処理、平滑化処理、ノイズ除去処理のような画像処理アルゴリズムを開発するに当たり、画像処理の効果をどのように評価するかは、開発者にとって大きな問題である。

【0003】画像の画質を表す指標としてDQE値(Detective Quantum Efficiency)が用いられている。DQE値とは、下記式により算出される画質を表す値であって、DQE値が大きくなるにしたがって画質は向上する。

$$[0004] DQE(u) = \{(\log_{10} e)^2 \times r^2 \times MTF^2(u)\} / \{q \times Ws(u)\}$$

但し、MTF(Modulation Transfer Function)は、CTFチャート(Contrast Transfer Function Chart)を撮影することにより得られるものであり、各周波数帯域毎の画像信号の解像度の大きさ、すなわち鮮銳性を表す指標である。また、Ws(u)はウィナースペクトルであり、粒状性を表す指標である。なお、uは空間周波数、rは画像を得る際に用いたフィルムの階調特性を示すr値、qは量子数を表す。

【0005】ここで、線形的な画像処理の場合、鮮銳性と粒状性とが同じように改善されるため、DQE自体は

変化しない。一方、非線形な画像処理の場合、鮮鋭性と粒状性とを独立して処理できるため、鮮鋭性および粒状性についての画像処理の有無により、DQEを大きく改善することができる。

【0006】一方、放射線画像の分野での画像の画質を評価する代表的な方法として、バーガーファントムを用いた視覚評価方法が知られている。バーガーファントムとは、直径および厚さが段階的に変化する複数の円柱状のアクリルを並べて配列したファントムである。このバーガーファントムを撮影することにより得られる画像を観察することにより、システムにおいて得られる画像の空間分解能およびコントラスト分解能の双方を評価することができる。なお、円柱状アクリルの径が空間分解能を評価する指標であり、その厚さがコントラスト分解能を評価する指標となっている。ここで、画質の良好な画像を得ることができると評価するシステムにおいて得られる画像ほど、より径が小さかつて厚さが小さい円柱状アクリルの像を視認することができる。したがって、画像の評価を行うシステムにおいて、バーガーファントムの画像を得、その画像に含まれる円柱状アクリルに対応する部分が視認できる限界を認識することにより、そのシステムにおいて得られる画像の評価を行うことができる。

【0007】しかしながら、バーガーファントムは、予め決められた場所に円柱状アクリルが存在する。したがって、観察者はその場所に円柱状アクリルの像が存在するということを認識しているため、円柱状アクリルの像が見えないのに見えててしまうという観察者の心理的な影響により評価結果が左右されるという問題がある。

【0008】このため、バーガーファントムに代えてCDRADファントム(Contrast Detail Digital/Conventional Radiography Phantom, Northwest X-ray Inc. 製)を用いた評価が行われている。

【0009】CDRADファントムは、 15×15 の格子状に領域が分割されたアクリル板からなり、各格子領域内に直径および深さを段階的に変更した穴を形成してなるものである。具体的には、上下方向に直径が、左右方向に深さが変化するように穴が形成されている。また、上段の3行目までは1つの格子領域に1つの穴が形成されているが、それ以外の領域は、格子領域の中心および格子領域の4隅のいずれか1箇所に中心と同一の直径および深さを有する穴が形成されている。そして、このCDRADファントムの放射線画像を取得してCDRADファントム画像を得、このCDRADファントム画像の評価を行うことにより、CDRADファントムの放射線画像を得たシステムにおいて得られる画像の評価を行なうことができる。また、CDRADファントム画像に対して画像処理を行なって処理済みのCDRADファントム画像を得ることにより、画像処理を行うシステムにおいて得られる画像の評価も行なうことができる。以下、画像の評価について説明する。

【0010】図2は、CDRADファントムの放射線画像(以下CDRADファントム画像とする)を示す図である。穴の直径は下側ほど小さく、穴の深さは左側ほど小さくなっているため、図2に示すように左下の格子領域ほど穴の像が見えにくくなっている。なお、CDRADファントム画像において格子領域の左側の数字は穴の直径を、下側の数字は穴の深さを示す。

【0011】まず、上側3段の格子領域については、穴の像が見えなくなった限界を指示し、下側12段の格子領域については、穴の位置を指示する。なお、穴は格子領域の4隅のいずれか1箇所に形成されているため、右上、右下、左上および左下というように指示を行う。

【0012】指示の後、全ての格子領域($15 \times 15 = 225$)について、指示した結果と正解位置とを比較し、格子領域毎に正誤結果を求める。

【0013】なお、 $1/4$ の確率により偶然に正解となってしまう場合がある。これを排除するために、以下の(1)から(4)のルールにより正誤結果を補正する。

【0014】(1) 正誤を判定する格子領域(以下注目格子領域とする)が正解の場合、上下左右の最近傍の4つの格子領域のうち2以上の格子領域が正解であれば、その注目領域も正解とする。なお、注目格子領域がCDRADファントム画像の辺に接している場合には、最近傍の3つの格子領域のうち2以上の格子領域が正解であれば、その注目領域も正解とする。

【0015】(2) 最近傍の格子領域が2つしかない、すなわち注目格子領域がCDRADファントム画像の4隅にある場合については、注目格子領域が正解の場合、最近傍の格子領域の1つが正解であれば、注目格子領域も正解とする。

【0016】(3) 注目格子領域が不正解の場合、最近傍の4つまたは3つの格子領域のうち3以上の格子領域が正解であれば、注目格子領域を正解とする。

【0017】(4) 注目格子領域がCDRADファントム画像の4隅にある場合において、注目格子領域が不正解の場合、最近傍の格子領域の全てが正解であれば、注目格子領域も正解とする。

【0018】そして、補正後の正誤結果を参照し、視認可能であった穴の直径および穴の深さの限界値を、穴の深さの対数値を横軸に、穴の直径の対数値を縦軸とした両対数グラフにプロットすることにより、CD曲線を得る。ここで、CはContrastを、DはDetailを表す。CD曲線においては、より小さい直径かつより深さが小さい穴が見えるほど、CDRADファントム画像を得たシステムが良好なものであるということが分かる。

【0019】図2に示すように、CDRADファントムにおいては、格子領域の4隅のいずれかに存在する穴の位置は予め分かっていないため、観察者の主観が入りにくくなり、その結果、バーガーファントムを用いる場合

よりも客観的な評価結果を得ることができる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、CD RADファントムを用いた画像の評価は、1つの画像について225の格子領域の正誤を判定して正誤結果を得、さらにその正誤結果を補正してCD曲線を作成するという手順が必要であり、1画像当たりの評価時間は15分程度を要する。また、CDRADファントムを用いた画像の評価においても、バーガーファントムを用いた画像の評価と同様に、評価を行う観察者の主観が入る場合があるため、観察者による統計的な差異を少なくするために、3人以上の観察者が必要となる。また、撮影による条件の差異を統計的に少なくするために、3以上のCDRADファントム画像を撮影して評価を行う必要がある。さらに、画像処理装置において画像データに施す画像処理のパラメータを変化させて画像の評価を行う場合には、変化させたパラメータ毎に3以上のCDRADファントム画像を用意する必要がある。したがって、CDRADファントム画像を用いて画像の評価を行うには非常に手間がかかり、評価のための入件費等のコストが増大するという問題がある。

【0021】さらに、CDRADファントム画像を用いた画像の評価は、人間による視覚評価であるため、CDRADファントム画像を観察する環境、すなわち、評価を行う場所の明るさ、評価を行った時刻、評価を行った順番、観察者の体調や精神状態等に依存して評価結果が変化する場合があり、安定した評価結果を得ることができないという問題もある。

【0022】本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、CDRADファントム等を用いた画像の評価を効率よく行うこととする。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明による画像評価方法は、少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、前記信号領域のサイズおよびコントラストが該各評価領域毎に段階的に異なるパターンについての評価対象画像を表す評価対象画像データの入力を受け付け、前記パターンについての参照画像を表す参照画像データおよび前記評価対象画像データに基づいて、前記評価対象画像における全ての前記評価領域に存在する前記信号領域の位置を検出し、該検出結果に基づいて、前記評価対象画像の評価を行うことを特徴とするものである。

【0024】「所定位置」とは、CDRADファントム画像のように、評価領域としての格子領域の中心位置および4隅のいずれか1箇所の位置のように予め定められた位置のみならず、少なくとも1つの信号領域を評価領域内のランダムな位置に配設したものであってもよい。とくに、信号領域が1つのみしか存在しない場合には、ランダムな位置に配設することが好ましい。

【0025】「コントラスト」とは、評価領域内における信号領域と信号領域以外の領域とにおける濃度の差異を表すものであり、濃度差が大きいほどコントラストは大きく、濃度差が小さいほどコントラストは小さいものとなる。

【0026】「参照画像データ」とは、評価対象画像と同様のパターンを表す画像データであるが、評価対象画像データよりも、より小さいサイズおよび小さいコントラストの信号領域まで認識可能な信号値を有する画像データをいう。したがって、参照画像データを再生することにより得られる参照画像においては、評価対象画像よりも小さいサイズおよび小さいコントラストの信号領域まで認識することができるものである。もちろん、全てのサイズおよびコントラストの信号領域を認識できるものであってもよい。

【0027】なお、本発明による画像評価方法においては、前記参照画像および前記評価対象画像の位置合わせを行った後に、前記信号領域の位置を検出することが好ましい。

【0028】また、本発明による画像評価方法においては、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域を分割して、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域において相対応する複数の分割領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域内の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出するようにしてもよい。

【0029】この場合、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズを変更することが好ましい。

【0030】さらにこの場合、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域毎の複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出することが好ましい。

【0031】また、本発明による画像評価方法においては、前記評価対象領域画像の前記評価領域を1つの領域に1つの前記信号領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得、前記参照画像の前記評価領域から、該評価領域に対応する前記評価対象画像の前記評価領域における前記分割領域に対応するサイズを有し、1つの前記信号領域を含む検定領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出するようにしてもよい。

【0032】この場合、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズおよび前記検定領域のサイズを変更することが好ましい。

【0033】また、この場合、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域との複数の相関値を算

出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出するようにしてもよい。

【0034】本発明による画像評価装置は、少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、前記信号領域のサイズおよびコントラストが該各評価領域毎に段階的に異なるパターンについての評価対象画像を表す評価対象画像データの入力を受け付ける入力手段と、前記パターンについての参照画像を表す参照画像データおよび前記評価対象画像データに基づいて、前記評価対象画像における全ての前記評価領域に存在する前記信号領域の位置を検出する検出手段と、該検出結果に基づいて、前記評価対象画像の評価を行う評価手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0035】なお、本発明による画像評価装置においては、前記参照画像および前記評価対象画像の位置合わせを行う位置合わせ手段をさらに備えるものとし、前記検出手段を、該位置合わせ手段による位置合わせを行った後に、前記信号領域の位置を検出する手段とすることが好ましい。

【0036】また、本発明による画像評価装置においては、前記検出手段を、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域を分割して、前記評価対象画像および前記参照画像のそれぞれの前記評価領域において相対応する複数の分割領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域内の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手段としてもよい。

【0037】この場合、前記検出手段を、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズを変更する手段としてもよい。

【0038】またこの場合、前記検出手段を、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記分割領域毎の複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手段としてもよい。

【0039】さらに、本発明による画像評価装置においては、前記検出手段を、前記評価対象領域画像の前記評価領域を1つの領域に1つの前記信号領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得、前記参照画像の前記評価領域から、該評価領域に対応する前記評価対象画像の前記評価領域における前記分割領域に対応するサイズを有し、1つの前記信号領域を含む検定領域を得、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域の信号値に基づいて、前記信号領域の位置を検出する手段としてもよい。

【0040】この場合、前記検出手段を、前記信号領域のサイズに応じて、前記分割領域のサイズおよび前記検

定領域のサイズを変更する手段としてもよい。

【0041】またこの場合、前記検出手段を、前記評価対象画像および前記参照画像の相対応する前記評価領域における前記複数の分割領域および前記検定領域との複数の相関値を算出し、該複数の相関値のうち最大相関値を得た前記分割領域の位置を前記信号領域の位置として検出する手段としてもよい。

【0042】なお、本発明による画像評価方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして提供してもよい。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、評価対象画像データの入力が受け付けられ、参照画像データおよび評価対象画像データに基づいて、評価対象画像における全ての評価領域に存在する信号領域の位置が検出され、検出結果に基づいて評価対象画像の評価が行われる。このため、評価対象画像の評価を行う観察者の主観的な要素や評価環境が評価結果に反映されなくなることになり、その結果、より客観的かつ安定した評価結果を得ることができる。また、評価対象画像データの入力を用いて客観性の高い評価結果を得ることができるため、多数の評価対象画像を多数の評価者によって評価する必要がなくなり、その結果、得られる画像の画質の評価を効率よく行うことができる。

【0044】また、参照画像と評価対象画像との位置合わせを行った後に、信号領域の位置を検出することにより、信号領域の位置検出の精度を向上させることができる。

【0045】さらに、評価対象画像および参照画像のそれぞれの評価領域を分割して複数の分割領域を得、評価対象画像および参照画像の相対応する分割領域内の信号値に基づいて信号領域の位置を検出することにより、より簡易に信号領域の位置検出を行うことができる。

【0046】この場合、信号領域のサイズに応じて分割領域のサイズを変更することにより、信号領域検出の精度をより向上させることができる。

【0047】またこの場合、評価対象画像および参照画像の相対応する分割領域毎の複数の相関値を算出し、複数の相関値のうち最大相関値を得た分割領域の位置を信号領域の位置として検出することにより、より簡易な演算により信号領域の位置検出を行うことができる。

【0048】また、評価対象領域画像の評価領域を1つの領域に1つの信号領域が含まれるように分割して略同一サイズの複数の分割領域を得、参照画像の評価領域から分割領域に対応するサイズを有し、1つの信号領域を含む検定領域を生成し、評価対象画像および参照画像の相対応する評価領域における複数の分割領域および検定領域の信号値に基づいて信号領域の位置を検出することにより、より簡易に信号領域の位置検出を行うことができる。

【0049】この場合、信号領域のサイズに応じて分割領域および検定領域のサイズを変更することにより、信号領域検出の精度をより向上させることができる。

【0050】またこの場合、評価対象画像および参照画像の相対応する評価領域における複数の分割領域および検定領域との複数の相関値を算出し、複数の相関値のうち最大相関値を得た分割領域の位置を信号領域の位置として検出することにより、より簡易な演算により信号領域の位置検出を行うことができる。

【0051】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の実施形態による画像評価装置の構成を示す概略ブロック図である。なお、本実施形態による画像評価装置は、被写体を撮影してこの被写体の放射線画像を表す画像データを得る放射線画像撮影装置あるいは放射線画像撮影装置において得られた画像データに対して画像処理を施して処理済み画像データを得る画像処理装置において得られる画像の評価を行うためのものである。また、本実施形態においては、CDRADファントムを撮影することにより得られたCDRADファントム画像を表す画像データを評価の対象とするものである。

【0052】図1に示すように、本実施形態による画像評価装置は、評価の対象となる評価対象画像を表す評価対象画像データS0の入力を受け付ける入力手段1、評価を行うための参照画像を表す参照画像データS1を記憶した記憶手段2、評価対象画像と参照画像との位置合わせを行う位置合わせ手段3、位置合わせ後の評価対象画像および参照画像について、CDRADファントムの格子線により区画される複数の格子領域を検出する格子領域検出手段4、各格子領域について信号領域の位置を検出して検出結果を取得する検出手段5、検出手段5における信号領域位置の検出結果から正誤結果を求めて出力する正誤結果出力手段6、および正誤結果に基づいて評価結果を生成してこれを出力する評価結果出力手段7を備える。

【0053】入力手段1は、評価対象画像データS0の入力を受け付けるものである。具体的には、評価対象画像データS0が記憶されたメディアから評価対象画像データS0を読み出すメディアドライブ、ネットワーク経由で転送された評価対象画像データS0を受け付けるインターフェース等が用いられる。

【0054】評価対象画像データS0は、CDRADファントムの放射線画像を撮影することにより得られるものであり、CDRADファントム画像を表すものである。CDRADファントム画像を図2に示す。CDRADファントムに形成されている穴の直径は下側ほど小さく、穴の深さは左側ほど小さいため、図2に示すように左下の格子領域ほど穴の像が見えにくくなっている。なお、CDRADファントム画像において格子領域の左側

の数字は穴の直径を、下側の数字は穴の深さを示す。また、各格子領域においてCDRADファントムの穴の位置に対応する位置が信号領域となっている。

【0055】記憶手段2は参照画像データS1を記憶するものであり、具体的にはコンピュータに装備されたハードディスクが用いられる。参照画像データS1は評価対象画像データS0と同様に、CDRADファントムの放射線画像を撮影することにより取得されるが、評価対象画像データS0を取得する場合よりも10倍以上の高い線量により撮影を行う等して、評価対象画像よりもS/Nが高いものとなっている。したがって、参照画像は評価対象画像よりもより小さい穴の像およびより深さが小さい穴の像を視認することができる。

【0056】なお、参照画像データS1は、全ての穴の像を視認可能なように、CDRADファントムを参照して人為的に作成してもよい。

【0057】位置合わせ手段3は、評価対象画像を基準として参照画像と評価対象画像との位置合わせを行う。具体的には、線が交差する位置を検出するクロス型フィルタにより評価対象画像をフィルタリング処理して評価対象画像上の格子点を検出する。そして格子点を基準としたテンプレート領域を設定し、このテンプレート領域を用いて参照画像上においてテンプレートマッチングを行い、参照画像上に評価対象画像の格子点に対応する対応格子点を設定する。そして、アフィン変換により参照画像上における対応格子点の位置を評価対象画像上における格子点の位置に合わせることにより、参照画像および評価対象画像の位置合わせを行う。なお、クロス型フィルタを用いた位置合わせ方法は、特開平8-83336号公報に記載されている。

【0058】なお、位置合わせは参照画像を基準とし、評価対象画像を参照画像に合わせるように行ってもよい。

【0059】格子領域検出手段4は、以下のようにして格子領域を検出する。まず、図3に示すように、位置合わせされた参照画像を対象として、参照画像の縦方向および横方向における中心付近3行分程度についての、参照画像の平均プロファイルを求める。CDRADファントムの外側の領域は直接放射線が照射される領域であるためプロファイルの信号値は大きくなり、格子線においてはプロファイルの信号値は小さくなる。また、平均プロファイルを求めることにより、CDRADファントムの穴の像および画像上のノイズのような局所的な信号は平滑化されるため、CDRADファントムの表面についての平均プロファイルは、格子線の信号値よりも大きく一定の信号値を有するものとなる。なお、平均プロファイルは参照画像の全領域について求めてよいが、演算時間短縮のために中心付近の3行程度の領域における平均プロファイルを求めているものである。

【0060】次いで、しきい値Th0を用いた2値化処

理により、平均プロファイルから格子線の位置を検出する。CDRADファントムは格子領域が 15×15 存在するため、16本の格子線が参照画像の縦横においてそれぞれ検出される。しきい値Th0は、平均プロファイルの最小値（格子線の最小値）とCDRADファントム表面の平均信号値との中間値を用いる。なお、CDRADファントムに含まれる文字の部分を誤検出する場合があるため、しきい値Th0を設定後、16本の格子線が検出されるまでしきい値Th0の値を段階的に小さく変化させるようにしてもよい。そして、縦横それぞれ16本の格子線を検出した後、格子線により区画される225の領域を格子領域として検出する。なお、格子領域の4隅は、参照画像上に設定される座標値により表すことができる。

【0061】なお、評価対象画像についても参照画像と同様に平均プロファイルの算出および格子線の検出を行うことにより格子領域を検出する。

【0062】検出手段5は下記のようにして信号領域の位置を検出する。なお、信号領域の位置の検出は、CDRADファントム画像における下側の12行、すなわち穴の像を2つ含む格子領域について行われる。まず、評

$$C = \frac{\sum_{x} \sum_{y} \{(f(x, y) - f_{ave}) \times (g(x, y) - g_{ave})\}}{\sqrt{\sum_{x} \sum_{y} (f(x, y) - f_{ave})^2} \times \sqrt{\sum_{x} \sum_{y} (g(x, y) - g_{ave})^2}} \quad (1)$$

但し、 $f(x, y)$ ：評価対象画像における検出領域内の信号値

f_{ave} ：評価対象画像における検出領域内の信号値の平均値

$g(x, y)$ ：参照画像における検出領域内の信号値

g_{ave} ：参照画像における検出領域内の信号値の平均値

【0065】なお、図5に示す格子領域の場合、検出領域10Bについては穴の像が存在するため、検出領域11Bとの相関値Cは1に近い値となる。一方、他の検出領域10A, 10C, 10Dについては、画像中に存在するノイズの影響により、検出領域11A, 11C, 11Dとの相関値Cは0に近い値となる。したがって、図5に示す格子領域の場合、評価対象画像の格子領域における検出領域10Bが信号領域として検出される。

【0066】ここで、図6に示すように、評価対象画像の格子領域にゴミが存在する場合、目視評価では検出領域10B, 10Cのどちらが信号領域であるかが分からず。これに対して、参照画像の対応する格子領域内の検出領域との正規化相互相関値Cを求めた場合、検出領域10Bと検出領域11Bとの相関値Cは1に近い値となるが、検出領域10Cと検出領域11Cとの相関値は0に近い値となる。したがって、目視により画質を評価する場合よりも精度よく信号領域の位置を検出することができる。

【0067】なお、上から3段目までの格子領域につい

ては、評価対象画像および参照画像の相対応する格子領域について、穴の像を表す信号が存在する信号領域を検出する。図4は格子領域を示す図である。評価対象画像および参照画像の格子領域において信号領域が存在する可能性がある領域は、中心位置を除いては4隅のいずれか1箇所であるため、図4に破線で示すように、評価対象画像および参照画像の格子領域の4隅の近傍に、信号領域検出のための所定範囲を有する検出領域10A～10D、11A～11Dがそれぞれ設定される。なお、検出領域10A～10D、11A～11Dは、格子領域の4隅の座標値を基準として設定される。

【0063】そして、図5に示すように、相対応する格子領域における相対応する検出領域10A～10D、11A～11D毎に、検出領域10A～10D、11A～11D内の信号値の正規化相互相関値Cを下記の式

(1)により算出し、相関値Cが最大となる領域を、その格子領域において穴の像が存在する信号領域として検出する。

【0064】

【数1】

ては、評価対象画像および参照画像の格子領域の中心位置に検出領域を設定し、相対応する格子領域の検出領域の相関値Cを算出する。

【0068】一方、信号領域の検出を下記のようにして行ってもよい。以下説明する方法を方法2とし、上述した方法を方法1とする。まず、図7(a)に示すように、評価対象画像の格子領域に検出領域10A～10Dを設定する。一方、参照画像の格子領域については、図7(b)に示すように、格子領域の中心位置にある穴の像を囲む検出領域12を設定する。なお、検出領域10A～10Dと検出領域12とは同一の大きさを有する。そして、相対応する格子領域毎に検出領域10A～10D内の信号値と検出領域12内の信号値との正規化相互相関値Cを上記の式(1)により算出し、相関値Cが最大となる検出領域を、その格子領域において穴の像が存在する信号領域として検出する。図7に示す格子領域の場合、評価対象画像の格子領域における検出領域10Bが信号領域として検出される。

【0069】ここで、図6に示すように、評価対象画像の格子領域にゴミが存在する場合、検出領域10Bのみならず検出領域10Cと検出領域12との相関値Cが大きくなるため、検出領域10Cを誤って信号領域として検出するおそれがある。したがって、方法2は方法1と比較すると検出精度は落ちる。

【0070】また、図8(a)に示すように、穴の径が

小さくなると検出領域10A～10Dに対する信号領域の割合が小さくなるため、算出される相関値Cが小さくなり、信号領域を精度よく検出することができなくなる。このため、図8(b)に示すように、検出領域10A～10Dのサイズを穴の像の直径すなわち信号領域のサイズに応じて変化させることにより、相関値Cを精度よく算出でき、その結果信号領域をより精度よく検出することができる。

【0071】そして、全ての格子領域について信号領域を検出し、検出した信号領域の位置を検出結果テーブルとして出力する。図9は検出結果テーブルを示す図である。検出結果テーブルにおいて、各格子領域に記載されている「0」、「1」、「2」、「3」は、検出した信号領域の位置が格子領域の4隅の左上、右上、右下、左下である場合をそれぞれ示す。

【0072】ここで、格子領域によっては、複数の検出領域10A～10Dにおいて相関値Cが同一の値となったり、ノイズ等の影響により相関値Cが1よりも大きくなってしまう場合がある。このような場合は、その格子領域については信号領域の位置が検出できなかったものとして、「9」を出力する。なお、上から3段目までの格子領域については、ノイズ等の影響により相関値Cが1よりも大きくなってしまった場合に「9」を出力し、それ以外の場合には「0」を出力する。

【0073】正誤結果出力手段6は、検出手段5から出力された検出結果テーブルと正解テーブルTtfを用いて信号検出位置の正誤結果を求める。

【0074】図10は、信号領域の位置の正解位置を表す正解テーブルTtfを示す図である。なお、正解テーブルTtfは、CDRADファントムを観察することにより、予め人為的に作成されており、記憶手段2に記憶されているものである。そして、検出結果テーブルと正解テーブルTtfを比較し、各格子領域についての正誤結果を図11に示すような正誤テーブルTtfとして生成する。図11においてTが正解を、Fが正解を示す。

【0075】なお、正誤結果においては、1/4の確率により偶然に正解となってしまう場合がある。これを排除するために、以下の(1)から(4)のルールにより正誤結果を補正する。

【0076】(1) 正誤を判定する格子領域(以下注目格子領域とする)が正解の場合、上下左右の最近傍の4つの格子領域のうち2以上の格子領域が正解であれば、その注目領域も正解とする。なお、注目格子領域がCDRADファントム画像の辺に接している場合には、最近傍の3つの格子領域のうち2以上の格子領域が正解であれば、その注目領域も正解とする。

【0077】(2) 最近傍の格子領域が2つしかない、すなわち注目格子領域がCDRADファントム画像の4隅にある場合については、注目格子領域が正解の場合、最近傍の格子領域の1つが正解であれば、注目格子領域

も正解とする。

【0078】(3) 注目格子領域が不正解の場合、最近傍の4つまたは3つの格子領域のうち3以上の格子領域が正解であれば、注目格子領域を正解とする。

【0079】(4) 注目格子領域がCDRADファントム画像の4隅にある場合において、注目格子領域が不正解の場合、最近傍の格子領域の全てが正解であれば注目格子領域も正解とする。

【0080】図12は補正後の正誤テーブルTtfを示す図である。図12において太線で囲んだ格子領域が補正された格子領域である。補正された正誤テーブルTtfは評価結果出力手段7に出力される。

【0081】評価結果出力手段7においては、入力された正誤テーブルTtfに基づいて、正解であった穴の直径および穴の深さの限界値を両対数グラフにプロットしたCD曲線を評価結果として出力する。具体的には、全ての穴の深さについて、正解となった格子領域のうち、最も穴の径が小さい格子領域についてその穴の直径の値(以下限界値とする)を求め、穴の深さの対数値を横軸に、穴の直径の対数値を縦軸にとった両対数グラフ上に、各穴の直径の限界値をプロットすることにより、CD曲線を作成することができる。

【0082】図13は、図12に示す正誤テーブルTtfから求めたCD曲線を示す図である。CD曲線は、より小さい直径かつより深さが小さい穴が見えるほど、グラフの左下に接近する。したがって、CD曲線がグラフの左下に接近するほど、評価対象画像データS0を得たシステムが高画質の画像を得ることができるものであるということが分かる。

【0083】なお、CD曲線とともに、信号領域の位置の正解率および確信度を評価結果に含めてもよい。ここで、確信度とは、225の全ての格子領域において求めた相関値Cのうち、正解であった格子領域における相関値の総和、または(正解であった格子領域における相関値の総和)/(正解であった格子領域の数)×100として算出される。

【0084】次いで、本実施形態の動作について説明する。図14は本実施形態の動作を示すフローチャートである。まず、評価対象画像データS0の入力を受け付け(ステップS1)、記憶手段2に記憶された参照画像データS1を用いて、位置合わせ手段3において、評価対象画像および参照画像の位置合わせを行う(ステップS2)。位置合わせ後、格子領域検出手段4において、評価対象画像および参照画像から格子領域を検出する(ステップS3)。次いで、検出手段5において、評価対象画像の各格子領域から信号領域の位置を検出する(ステップS4)。そして、正誤結果出力手段6において、検出結果に基づいて信号領域の位置の正誤結果を出力し(ステップS5)、評価結果出力手段7において正誤結果に基づいて評価結果を出力し(ステップS6)、処理

を終了する。

【0085】このように、本実施形態によれば、評価対象画像データS0および参照画像データS1に基づいて放射線画像撮影装置や画像処理装置において得られる画像の評価を行うようにしたため、評価対象画像の評価を行う観察者の主観的な要素や評価環境が評価結果に反映されることがなくなり、その結果、より客観的かつ安定した評価結果を得ることができる。また、評価対象画像データS0の入力をを行うのみで客観性の高い評価結果を得ることができるために、多数の評価対象画像を多数の評価者によって評価する必要がなくなり、その結果、画像の評価を効率よく行うことができる。

【0086】なお、上記実施形態においてはCDRADファントムを撮影することにより、評価対象画像データS0を得ているが、画像処理装置において得られる画像の評価を行う場合においては、CDRADファントム画像を表すCDRADファントム画像データを人為的に生成し、このCDRADファントム画像データに対して、評価を行う画像処理装置において画像処理を施すことにより得られた処理済み画像データを評価対象画像データS0として用いることができる。この場合、参照画像データS1としては、画像処理前のCDRADファントム画像データをそのまま用いることができる。

【0087】また、上記実施形態においては、CDRADファントムを撮影することにより評価対象画像データS0を得ているが、CDRADファントムのみならず、例えば、格子領域の4隅のいずれかの位置にのみ穴が形成されたファントムを撮影することにより評価対象画像データS0を得てもよい。このように、本実施形態においては、評価対象画像および参照画像としては、少なくとも1つの信号領域が所定位置に配設された複数の評価領域からなるパターンであって、信号領域のサイズおよ

びコントラストが各評価領域毎に段階的に異なるパターンを有する画像であれば、いかなる画像をも用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態による画像評価装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】CDRADファントム画像を示す図

【図3】平均プロファイルの算出を説明するための図

【図4】格子領域を示す図

【図5】相関値の算出を説明するための図

【図6】ゴミが存在する格子領域の例を示す図

【図7】(a)は評価対象画像の格子領域に設定された検出領域を示す図、(b)は参照画像の格子領域に設定された検出領域を示す図

【図8】信号領域のサイズに応じた検出領域のサイズの変更を説明するための図

【図9】検出結果テーブルを示す図

【図10】正解テーブルを示す図

【図11】正誤テーブルを示す図

【図12】補正された正誤テーブルを示す図

【図13】CD曲線を示す図

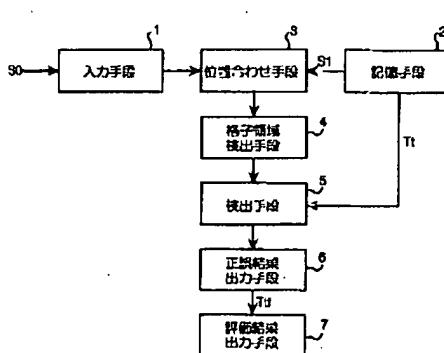
【図14】本実施形態の動作を示すフローチャート

【符号の説明】

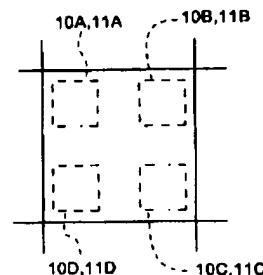
- 1 入力手段
- 2 記憶手段
- 3 位置合わせ手段
- 4 格子領域検出手段
- 5 検出手段
- 6 正誤結果出力手段
- 7 評価結果出力手段

10A~10D, 11A~11D, 12 検出領域

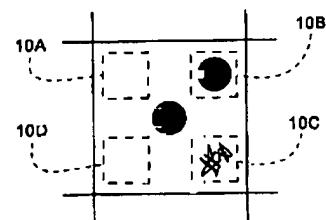
【図1】



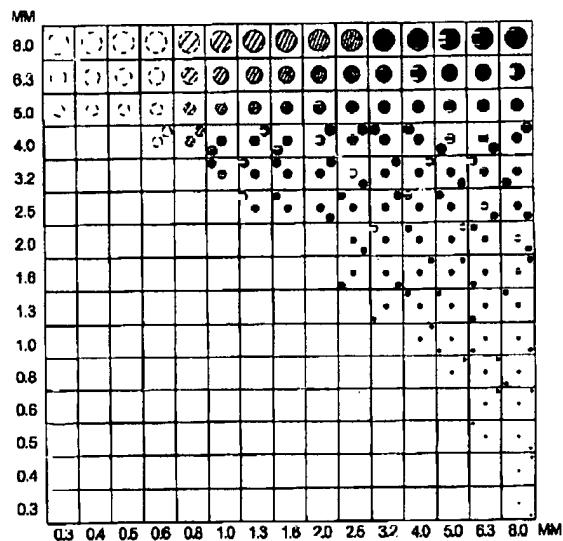
【図4】



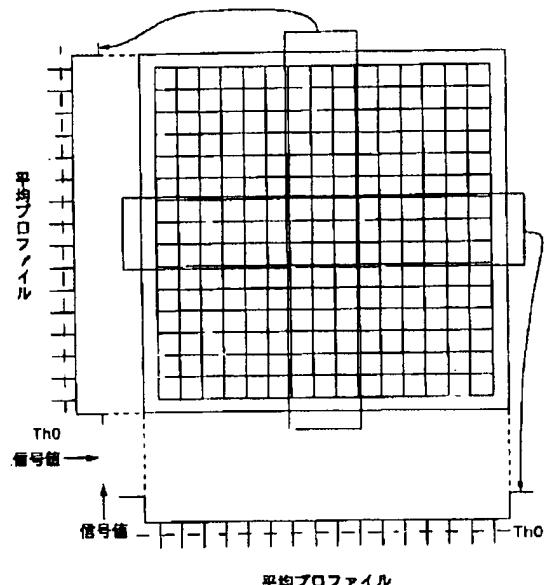
【図6】



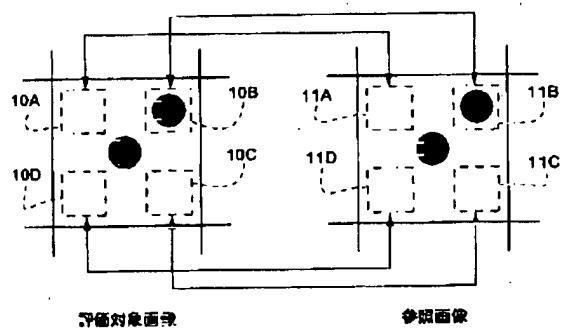
【図2】



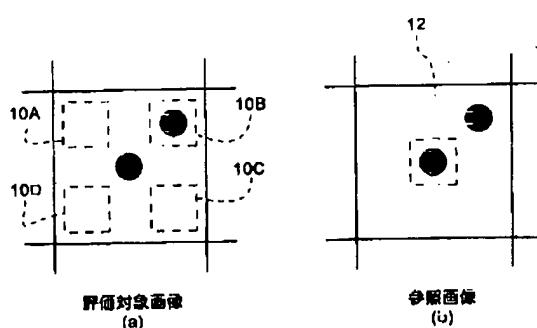
【図3】



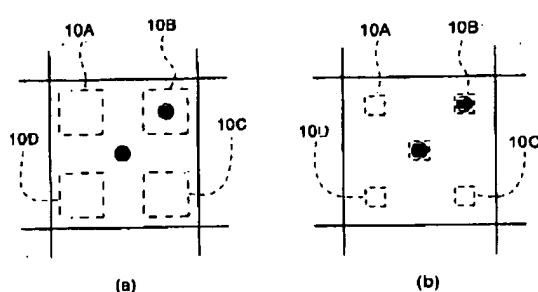
【図5】



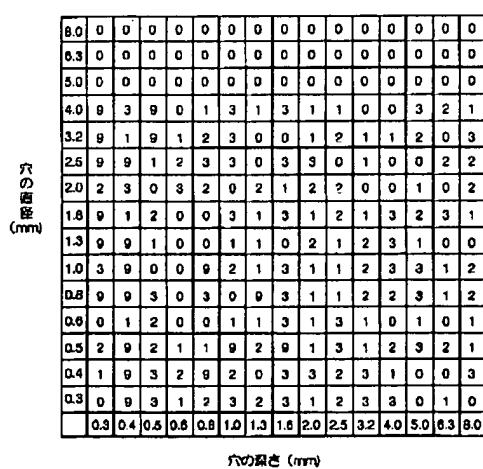
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

穴の直径 (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	2	3	1	0	1	3	1	3	1	1	0	0	3	2	1
3.2	0	1	3	1	2	3	0	0	1	2	1	1	2	0	3
2.5	3	0	1	2	3	3	0	3	3	0	1	0	0	2	2
2.0	2	3	0	3	2	0	2	1	2	2	0	0	1	0	2
1.6	2	1	2	0	0	3	1	3	1	2	1	3	2	3	1
1.3	0	1	1	0	0	1	1	0	2	1	2	3	1	0	0
1.0	0	1	0	3	1	2	1	3	1	1	2	3	3	1	2
0.8	2	1	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	3	1	2
0.6	0	3	3	0	2	1	1	3	1	3	1	0	1	0	1
0.5	2	2	1	3	3	1	0	0	1	3	1	2	3	2	1
0.4	0	2	0	0	1	3	0	3	3	2	3	1	0	0	3
0.3	1	0	2	1	3	3	1	1	2	2	1	3	0	1	0
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0

穴の深さ (mm)

【図12】

穴の直径 (mm)	8.0	T	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	I	I	T
6.3	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	I	F	T
5.0	T	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	F	I	T	T
4.0	F	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	I	I	T	T
3.2	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
2.5	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	I	T	T	T
2.0	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
1.6	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
1.3	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	I	T	T	T
1.0	F	F	F	T	T	T	T	T	T	T	I	T	T	T	T
0.8	F	F	F	F	T	T	T	T	T	T	T	I	T	T	T
0.6	F	F	I	F	T	F	T	T	T	I	I	T	T	T	T
0.5	F	F	I	F	F	F	T	T	T	I	I	T	T	T	T
0.4	F	F	I	F	F	F	F	T	T	I	I	T	T	T	T
0.3	F	F	I	F	F	F	F	F	F	I	I	T	T	T	T
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0

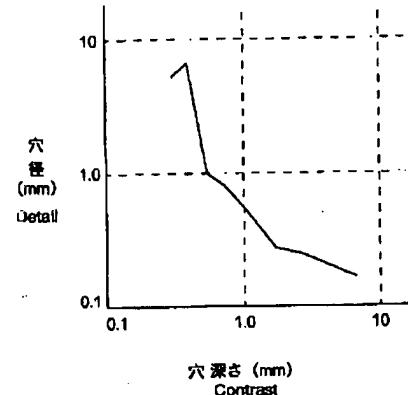
穴の深さ (mm)

【図11】

穴の直径 (mm)	8.0	T	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
6.3	T	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
5.0	T	T	I	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
4.0	F	T	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
3.2	F	T	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
2.5	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
2.0	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
1.6	F	I	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
1.3	F	F	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
1.0	F	F	F	T	T	T	T	T	T	I	I	T	T	T	T	T
0.8	F	F	F	F	T	T	T	T	T	I	I	T	T	T	T	T
0.6	F	F	I	F	F	F	T	T	T	I	I	T	T	T	T	T
0.5	F	F	I	F	F	F	F	T	T	I	I	T	T	T	T	T
0.4	F	F	I	F	F	F	F	F	T	I	I	T	T	T	T	T
0.3	F	F	I	F	F	F	F	F	F	I	I	T	T	T	T	T
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	

穴の深さ (mm)

【図13】



【図14】

